

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Qualidade do Biogás a partir de resíduos industriais da avicultura

Daiana Gotardo Martinez², Felipe Pinheiro Silva², Danilo Sey Kitamura², Samuel Nelson Melegari de Souza³, Armin Feiden³.

¹ Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2016.

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Mestrado Engenharia de Energia na Agricultura. daiana.gmartinez@yahoo.com.br

³ Professor Dr. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

RESUMO: Práticas adequadas de manejo dos resíduos são essenciais para que a indústria avícola cresça e se desenvolva sob as condições de restrições legais atualmente existentes. As operações de produção de frangos e poedeiras, além de carne e ovos, geram anualmente um grande volume de resíduos na forma de esterco, efluentes, camas de aves e aves mortas. O presente estudo foi realizado na Unidade Industrial de Aves, localizada no município de Matelândia-Pr, objetivou-se monitorar parâmetros de qualidade sendo eles: pH, DBO, DQO, acidez volátil, alcalinidade, sólidos totais e sólidos voláteis. As coletas ocorreram num período de 6 meses, sendo recolhido material 1 vez por semana. A média dos valores de pH ficaram entre 6,21 afluente e 7,02 no efluente. O valor mínimo encontrado foi de 5,07 e o máximo 8,38, ambos os valores na entrada do biodigestor. A média dos valores de DBO encontrados ficou entre 3.830 mg/L no afluente e 405,1 mg/L no efluente. O valor máximo encontrado foi de 15.890 mg/L no afluente e o valor mínimo encontrado foi de 84 mg/L na saída do sistema de biodigestão.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente, biodigestão, produção de frangos.

ABSTRACT: Appropriate waste management practices are essential to the poultry industry to grow and develop under the conditions currently existing legal restrictions. The production of chickens and laying operations, as well as meat and eggs annually generate a large volume of waste as manure, sewage, birds and dead birds beds. This study was conducted in Poultry Industrial Unit, located in the municipality of Matelândia -PR aimed to monitor quality parameters which are: pH, BOD, COD, volatile acidity, alkalinity, total volatile solids and solids. Sampling occurred within 6 months, and collected one time stuff a week. The average pH values were between 6.21 and 7.02 in the wastewater influent. The minimum value was 5.07 and the maximum 8.38 , both values in the digester input. The average BOD values were found between 3.830 mg / L in the influent and 405.1 mg / L in the effluent. The maximum value found was 15,890 mg / L in the influent and the minimum value found was 84 mg / L at the exit of the digestion system.

KEYWORDS: Effluent, digestion, production of chickens.

1. INTRODUÇÃO

A Avicultura nacional passou por grandes transformações na década de 70, que levaram ao aumento de produção e organização dos sistemas produtivos, principalmente na região Sul. Fazendo com que a cadeia produtiva de frango atribuisse ao Brasil os títulos mundiais de segundo maior produtor e o primeiro lugar em exportações de carne de frango (SILVA, 2005).

As indústrias frigoríficas, como as demais indústrias de alimentos, consomem grande volume de água que é fundamental ao processo e, portanto, também são grandes produtoras de efluentes industriais. A política nacional de recursos hídricos, seguindo uma tendência mundial, prevê o maior controle das fontes naturais de água e da emissão de poluentes ao meio ambiente.

Segundo Gomes; Souza e Bariccatti (2008), nos abatedouros de aves, são descartadas as partes não comestíveis e os resíduos gerados no processamento das aves. Os procedimentos de abate e industrialização dentro dos frigoríficos geram grandes volumes de efluentes. O requerimento de água para o abate e processamento de um frango é de aproximadamente 30 litros.

A biodigestão ou digestão anaeróbia se mostra como uma boa alternativa para o tratamento deste resíduo. Este é um processo pelo qual bactérias anaeróbias, através de fermentação ocorrida em biodigestores, degradam a matéria orgânica, tendo como subprodutos o biogás (gás inflamável) e o biofertilizante (líquido organo-mineral estabilizado).

Estes dois subprodutos possuem alto valor como fontes energéticas e nutricionais para as plantas, respectivamente, podendo ser substitutos de insumos adquiridos pelo avicultor. A partir desta substituição, o produtor poderia ter desde uma diminuição do seu custo de produção até a geração de uma renda extra.

Tradicionalmente os parâmetros utilizados no monitoramento do tratamento biológico são: pH, alcalinidade, DQO (Demanda Química de Oxigênio), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), Sólidos Totais e Voláteis. Porém, esses parâmetros não antecipam desordens no funcionamento microbiológico do reator. Deste modo faz-se necessário o monitoramento de biossólidos no reator, com as análises de sólidos voláteis. (SILVEIRA et al., 2000).

A unidade industrial de aves Lar, localizada em Matelândia, consome uma grande quantidade de energia e água, sendo também responsável pela geração de uma quantidade significativa de efluentes com altas concentrações orgânicas. De todo efluente gerado na indústria, aproximadamente $1.500 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ de águas residuárias são encaminhadas ao sistema de biodigestão.

O efluente final tratado é utilizado para fertirrigação. O objetivo do projeto visa tratar e reusar todos os resíduos líquidos gerados com a produção da indústria ao invés de realizar a fertirrigação na cultura de eucaliptos em área de reflorestamento da empresa. O sistema atual de tratamento é composto por dois biodigestores em série com capacidades de 27 mil m^3 (55 x 42) m x 115 m x 5 m e 18 mil m^3 (59m x 57m x 5m) aproximadamente, que realizam maior parte do tratamento de alguns setores da planta industrial. Para aproveitamento do biogás são utilizados três conjuntos motogeradores, com potências instalada de 100 kVA e dois de 50 kVA.

Para assegurar um aproveitamento com viabilidade econômica e técnica, é necessário o monitoramento contínuo de parâmetros envolvidos ao longo do processo, diante esta necessidade, o presente estudo teve como objetivo monitorar parâmetros físico-químicos de uma unidade industrial de aves, ao longo de 6 (seis) meses.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido na Unidade Industrial de Aves – UIA está localizada na cidade de Matelândia estado do Paraná e possui capacidade para processar 300.000 aves diariamente. As dimensões dos biodigestores podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1: Dimensões dos biodigestores

Biodigestores	Dimensões (m)			Volume útil (m ³)
	Comprimento(m)	Largura	Profundidade(m)	
Biodigestor 1	115	55x42	5	27.000
Biodigestor 2	59	57	5	18.000

2.1 Parâmetros de Qualidade do Efluente

Os parâmetros de qualidade avaliados foram: pH, DBO, DQO, acidez volátil, alcalinidade, sólidos totais e sólidos totais voláteis. Com a obtenção de tais dados é possível avaliar a eficiência do biodigestor na remoção da carga orgânica.

Tais parâmetros foram determinados em um laboratório de análise ambiental chamado A3Q, na cidade de Cascavel - PR, o qual utiliza os métodos padrões para análise de água residuária (*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*) da APHA (2005). As análises foram efetuadas semanalmente durante seis meses, sendo uma análise por semana. (APHA, 2005).

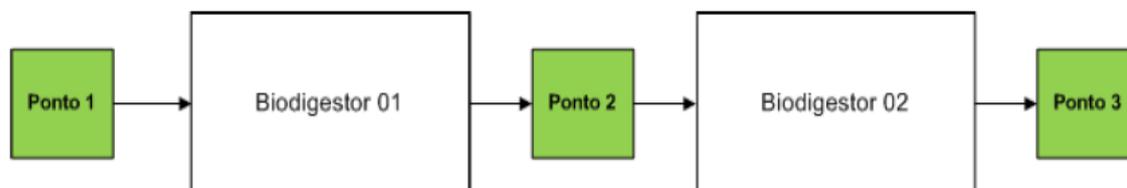
As coletas foram realizadas semanalmente, todas as terças-feiras, de janeiro a junho de 2012, a Tabela 2 apresentam os parâmetros e a frequência em que as coletas foram realizadas.

Tabela 1: Parâmetros e Frequência de análise para UIA

Item	Parâmetros de Qualidade	Frequência de Análise	Duração
1	pH	1 – semanal	6 meses
2	Alcalinidade Total	1 – semanal	6 meses
3	Acidez Volátil	1 - semanal	6 meses
4	DBO	1 – semanal	6 meses
5	DQO	1 – semanal	6 meses
6	Sólidos Totais	1 – semanal	6 meses
7	Sólidos Totais Voláteis	1 – semanal	6 meses

Com o objetivo de avaliar a eficiência do tratamento e correlação com outros dados, escolheu-se três pontos de coleta que visam abranger todo o sistema. A Figura 1 mostra a localização dos pontos de coleta.

Figura 1: Localização dos Pontos de Coleta na UIA



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análises Físico-químicas das Biomassa

A degradação anaeróbia é influenciada por vários fatores ambientais que podem interferir no êxito do processo. Dessa forma, é desejável maior conhecimento acerca do processo de tratamento dessas águas residuárias. Diante disto, para cada parâmetro

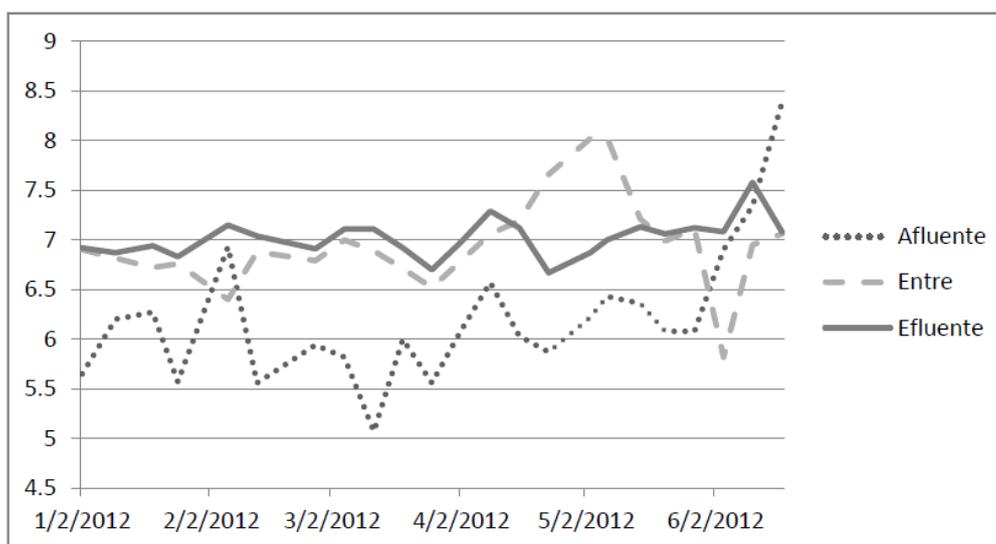
analisado foi realizado um gráfico com a evolução dos resultados nos meses de monitoramento.

3.1.1 pH

O pH, a alcalinidade e a acidez estão intimamente relacionados entre si, sendo igualmente importantes para o controle e operação adequada dos processos anaeróbios, pois, valores baixos de pH podem inibir por completo as bactérias formadoras de metano (arqueasmetanogênicas) (SALIMON et al., 2009).

A Figura 2 mostra a evolução dos resultados do parâmetro ao longo dos meses de monitoramento na Unidade Industrial de Aves.

Figura 2: Distribuição dos resultados de pH no tempo



A média dos valores de pH ficaram entre 6,21 afluente e 7,02 no efluente. O valor mínimo encontrado foi de 5,07 e o máximo 8,38, ambos os valores na entrada do biodigestor. As médias encontradas estão um pouco fora da faixa ótima (entre 6,6 e 7,4) na entrada do sistema, porém ainda estão dentro da faixa considerada estável que seria entre 6,5 e 8,0 (CHERNICHARO, 2007).

Catarino, et al (2009), observou este parâmetro adicionando complexo enzimático ao efluente, o que resultou em uma considerável elevação do pH. O complexo enzimático, formou uma solução Buffer, mantendo ph interno e de saída entre 8 e 7,5,

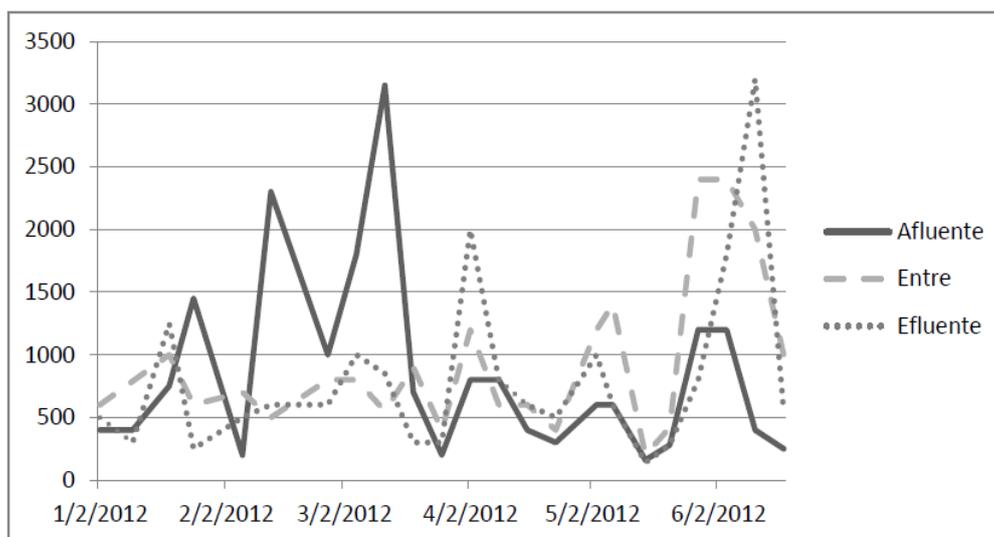
respectivamente, favorecendo muito a ação bacteriana interna, que segundo a normativa PAES 413:2001 de Engenharia Agrícola da Philippine, a faixa ideal para o metabolismo das bactérias metanogênicas está entre 7 e 8,5, sendo inferiores a 6,2 altamente tóxica para esses microorganismos.

3.1.2 Acidez Volátil

A acidez volátil determina a quantidade de ácidos voláteis na amostra o parâmetro é importante, pois o excesso ou baixa produção de ácidos pode levar a uma instabilidade no processo de biodigestão.

A Figura 3 mostra a evolução dos resultados do parâmetro acidez ao longo dos meses de monitoramento.

Figura 3: Distribuição dos resultados de Acidez no tempo



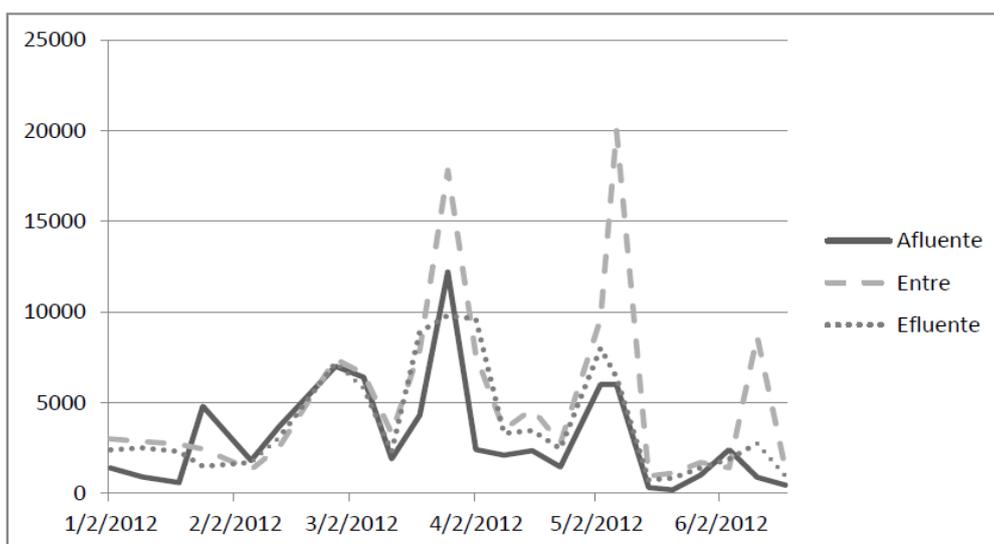
A média de valores de acidez volátil encontrados ficou entre 2.063 mg/L no afluente e 1.656 mg/L no efluente. O valor máximo encontrado foi de 6.000 mg/L no afluente e o valor mínimo encontrado foi de 200 mg/L na saída do sistema.

A acidez juntamente com o parâmetro alcalinidade total possibilita construir uma relação, visando observar algum distúrbio no processo de biodigestão.

3.1.3 Alcalinidade

A medida da alcalinidade mostra o nível da capacidade tampão, sendo por isso importante para a prevenção de quedas de pH. Existem diversas espécies químicas que conferem alcalinidade ao meio: bicarbonato, sais de ácidos voláteis e outros. A medição de todos esses tipos de álcalis é chamada de alcalinidade total.

Figura 4: Distribuição dos resultados da Alcalinidade no tempo



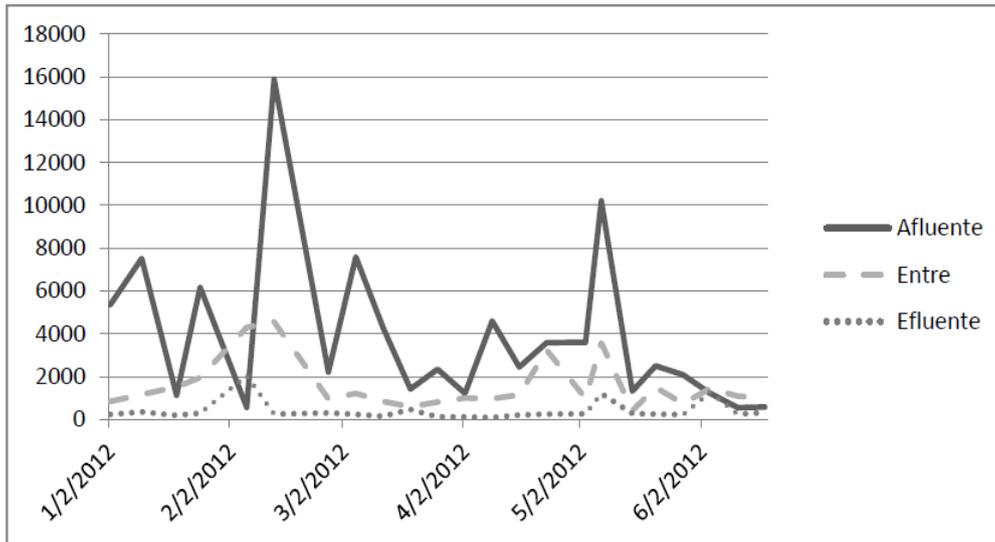
A média de valores de alcalinidade encontradas ficou entre 14.574 mg/L no afluente e 19.561 mg/L no efluente. O valor máximo encontrado foi de 59.200 mg/L entre os biodigestores e o valor mínimo encontrado foi de 1.900 mg/L na saída do biodigestor 2.

A importância de utilizar a alcalinidade como parâmetro para desenvolver estudos experimentais, pode ser comprovada por estudos os quais recomendam que a alcalinidade seja titulada em valores de pH de 5,75 a 6,00, e sugerem o uso da relação entre acidez e alcalinidade como parâmetro de controle operacional (BOHN et al., 2014)

3.1.4 DBO

A Figura 5 mostra a distribuição dos resultados de DBO_{5,20} entre os meses de janeiro e junho de 2012 na UIA.

Figura 5: Distribuição dos resultados de DBO no tempo na UIA



A média dos valores de DBO encontrados ficou entre 3.830 mg/L no afluente e 405,1 mg/L no efluente. O valor máximo encontrado foi de 15.890 mg/L no afluente e o valor mínimo encontrado foi de 84 mg/L na saída do sistema de biodigestão.

O melhor desempenho de biodigestores abastecidos com água residuária de abatedouros de aves foi obtido adotando-se o TRH igual há 8,8 dias, resultando na remoção de 85 até 90% da DBO inicial e potencial de produção de metano de 0,51m³/kg de DBO removida (JOHNS, 1995).

Com isso é possível o cálculo da eficiência média de remoção de DBO do sistema de biodigestão na UIA, conforme pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: Eficiência média da biodigestão na UIA - DBO (%)

Local	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Global
Eficiência (%)	58,8	74,3	89,4

A eficiência está bem acima do que se espera para tratamentos anaeróbios. Pode-se considerar motivo para tal eficiência o alto tempo de retenção hidráulica pelo sistema resultando nessas taxas de remoção.

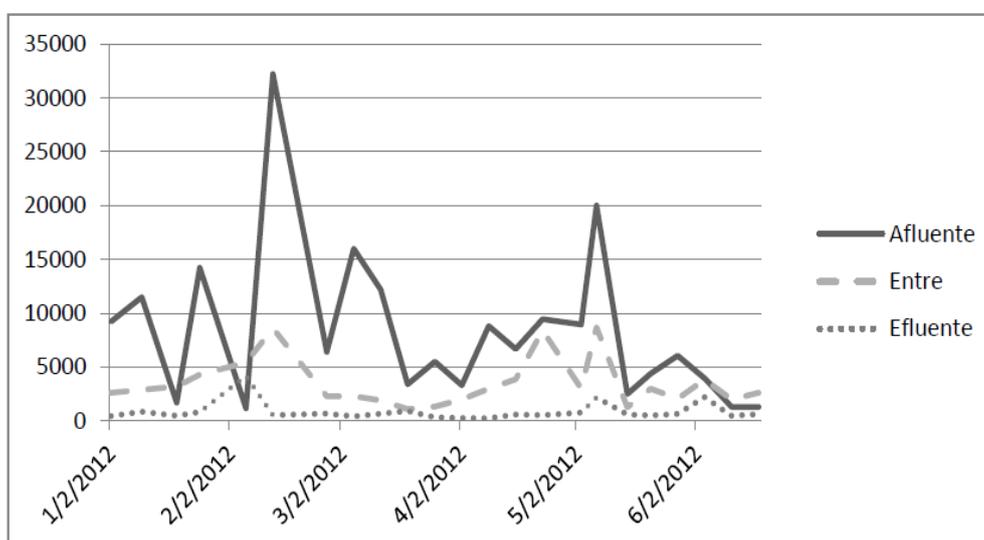
O sistema foi previamente dimensionado para operação dos biodigestores em paralelo para tratar em torno de 1800m³.dia⁻¹, porém com a mudança em série e diminuição do volume médio de efluentes para 1400 m³.dia⁻¹, o tempo de retenção

inevitavelmente aumentou dentro do tratamento, levando a essa maior redução na carga orgânica do efluente.

3.1.5 DQO

A Figura 6 mostra a distribuição dos resultados de DQO entre os meses que foram realizados a coleta de amostras para análise laboratorial.

Figura 6: Distribuição dos Resultados de pH no tempo



Para Santana e Oliveira (2005), a média dos valores de DQO encontrados ficou entre 8.267 mg/L no afluente e 874,4 mg/L no efluente. O valor máximo encontrado foi de 32.200 mg/L no afluente e o valor mínimo encontrado foi de 233 mg/L na saída do biodigestor 2.

A remoção de carga orgânica foi teoricamente igual utilizando como parâmetro tanto a DBO como a DQO. Assim como na DBO, a alta eficiência está associada aos altos tempos de retenção hidráulica no sistema.

Santana e Oliveira (2005), verificaram que os reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) apresentam características hidrodinâmicas favoráveis à formação de grânulos, possibilitando elevado tempo de retenção celular e acomodando, portanto, altas cargas orgânicas volumétricas, com tempo de detenção hidráulica curto, da ordem de grandeza de horas, dependendo das condições

operacionais e das características dos afluentes, sendo possível desvincular o tempo de retenção celular do tempo de detenção hidráulica.

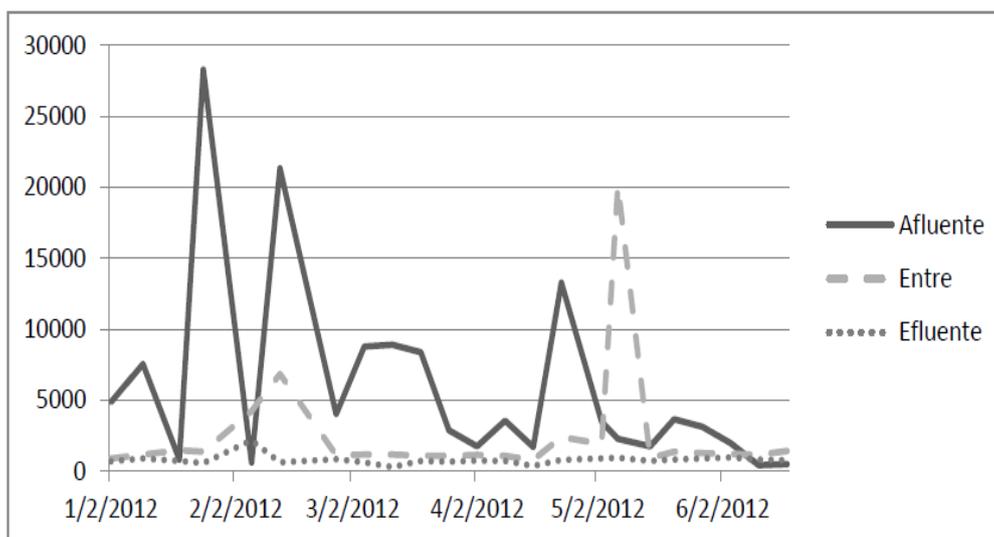
Adotando TRH superior, Hansen e West (1992), também mencionados por (JOHNS, 1995), encontraram valores de remoção de DQO variando entre 72 e 87%, quando optaram por 10 a 15 dias de retenção.

3.1.6 Sólidos Totais e Sólidos Totais Voláteis

É um parâmetro muito utilizado e de grande influencia na escolha do tratamento e dos equipamentos a serem utilizados. Os sólidos totais são determinados por dissecação da amostra a 105°C, até obter peso constante (ONUUDI, 2014).

A Figura 7 mostra a evolução dos resultados do parâmetro sólidos totais entre os meses de janeiro e junho de 2012.

Figura 7: Distribuição do resultado de sólidos totais no tempo



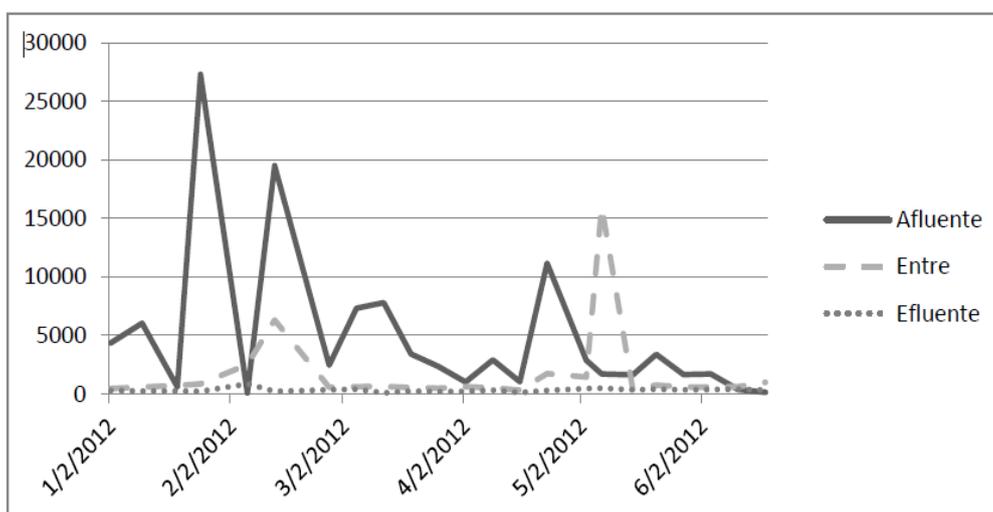
A média dos valores de sólidos totais encontrados ficaram entre 5.802 mg/L no afluente e 774,6 mg/L no efluente. O valor máximo encontrado foi de 28.280 mg/L na entrada do biodigestor 1 e o valor mínimo encontrado foi de 270 mg/L na saída do biodigestor 2. Assim como nos outros parâmetros, a variação nos resultados é bem visível com um desvio padrão próximo da média.

A diminuição da concentração de sólidos totais nos reatores, durante o período de monitoramento do sistema, indica decréscimo da biomassa, prejudicando extremamente o processo de digestão anaeróbia e a produção de biogás, uma vez que os sólidos representam a presença de matéria orgânica e inorgânica em um efluente (DA SILVA et al., 2010).

Para FEIDEN, 2001, sólidos voláteis é o termo utilizado para designar a porção volatizada, após incineração da amostra é designado em geral como cinzas.

A Figura 8 mostra a evolução dos resultados do parâmetro sólidos totais voláteis entre os meses de janeiro e junho de 2012.

Figura 8: Distribuição dos resultados de sólidos totais voláteis no tempo



A média dos valores de sólidos totais voláteis encontrados ficou entre 4.820 mg/L no afluente e 328,6 mg/L no efluente. O valor máximo encontrado foi de 27.280 mg/L e o valor mínimo encontrado foi de 80 mg/L, ambos na entrada do sistema.

Assim como a DQO e a DBO é possível realizar a eficiência de remoção de carga orgânica através dos sólidos totais voláteis. A eficiência global na remoção de sólidos totais voláteis comprova a alta eficiência do sistema como verificado com o parâmetros DBO e DQO. Notadamente, o alto tempo de retenção hidráulica contribui para uma maior remoção e consequente conversão de sólidos voláteis em biogás.

Em estudo realizado por (SALMINEN; RINTALA, 2002), foi avaliado o desempenho de biodigestores semi-contínuos manejados com resíduos de abatedouros de aves na concentração inicial de 3,1% de sólidos totais (ST), 2,6% de sólidos voláteis

(SV) e adotando-se TRH de 13 dias. Como resultados os autores observaram os seguintes valores: remoção dos teores de ST e SV de 32 e 31%, respectivamente.

ORRICO JÚNIOR, 2010 observaram reduções acentuadas nos teores de SV, em média 44,5%, o que representa a eficiência da biodigestão anaeróbia na degradação de compostos resistentes, como a cama de frangos, visto que o material de fácil degradação, provavelmente, foi reduzido durante a pré-compostagem.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises físico-químicas revelaram uma tendência de aumento no pH conforme o efluente avança pelo tratamento. Na Unidade Industrial de Aves (UIA) os valores de remoção foram em torno de 90%, revelando um excelente tratamento, justificado pelo alto tempo de retenção hidráulica (TRH) já que os biodigestores foram construídos para tratar aproximadamente $1800 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ em paralelo, mas a partir do ano de 2012 foi realizada mudança na alimentação dos biodigestores que foram colocados em série e começaram a receber uma quantidade menor de efluentes.

A qualidade do sistema de biodigestão também pode ser avaliada pela Acidez Volátil/Alcalinidade Total. Na UIA o tratamento ocorreu sem problemas, apresentando uma relação AV/AT estável.

Sabendo-se que para um desenvolvimento econômico atrativo a partir da digestão da biomassa de resíduos animais, é necessário que haja uma compatibilidade das propriedades físicas e químicas do resíduo com o projeto do biodigestor considerado, para este caso em específico o biodigestor foi adequado bem como o TRH adotado. Pode-se concluir, portanto, que o acompanhamento e monitoramento constante de todas as variáveis envolvidas no processo são necessárias para se obter sucesso, eficiência e segurança do sistema.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação e ao FINEP pelo fornecimento de informações e apoio a pesquisa.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.
- BOHN, C. et al. Influencia da Alcalinidade na Taxa de Geração de Biogás no Tratamento de Efluentes de um Frigorífico de Aves. 2014.
- CHERNICHARO, C. A. DE L. **Reatores Anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007.
- DA SILVA, V. G. et al. Monitoramento de parâmetros físicos, químicos e biológicos em um reator anaeróbio híbrido (RAH) em escala piloto, tratando água residuária do café produzido por via úmida. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 34, p. 204–211, 2010.
- FEIDEN, A. Tratamento de águas residuárias de indústria de fécula de mandioca através de biodigestores anaeróbio com separação de fases em escala piloto. 2001.
- GOMES, L. F. S.; SOUZA, S. N. M.; BARICCATTI, R. A. Biodiesel produzido com óleo de frango. **Acta Scientiarum Technology**, v. 30, p. 57–62, 2008.
- JIAN, T.; ZHANG, X. Bioprocessing for slaughterhouse wastewater and its computerized control and supervisory system. v. 27, p. 145–149, 1999.
- JOHNS, M. R. Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: A review. **Bioresource Technology**, v. 54, n. 3, p. 203–216, jan. 1995.
- ONUDI. Energia e Mudança Climática. **Observatório de Energias Renováveis para a América Latina e o Caribe**, 2014.
- ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Biodigestão anaeróbia dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 546–554, 2010.
- SALIMON, C. I. et al. Avaliação do desempenho físico-químico de um reator UASB construído em escala piloto na remoção de poluentes de efluentes de suinocultura. **Revista Ambiente & Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 12, p. 57–65, 2009.

SALMINEN, E. A.; RINTALA, J. A. Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste: effect of hydraulic retention time and loading. **Water Research**, v. 36, n. 13, p. 3175–3182, jul. 2002.

SANTANA, A. M. DE; OLIVEIRA, R. A. DE. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 817–830, 2005.

SILVA, H. L. B. DA. Uso de Membranas Microporosas no Tratamento de Efluentes de um Frigorífico de Abate de Aves. 2005.

SILVEIRA, I. C. T. et al. **Monitoramento de biomassa aneróbia presente em reatores de baixa carga: técnicas convencionais x técnicas da biologia molecular** XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...**Porto Alegre: ABES, 2000